

米国の幼児教育における STEM 活動の特質

—K 段階の科学教科書の内容構成に着目して—

鈴木 宏 昭¹⁾

1) 山形大学地域教育文化学部

要約

本研究の目的は、米国の幼児教育における STEM 教育の観点に基づいた科学的体験活動の特質を明らかにすることである。研究の結果として以下の2点を挙げることができた。まず、米国の「次世代科学スタンダード」が、K 段階（幼稚園）では、幼児の STEM 教育の視点を踏まえた科学的体験を含む科学学習の構成が、K 段階（幼稚園）から第 12 学年まで系統化されつつ、学習内容の内容構成は、それぞれの学問的内容に限らず、「科学的・工学的実践」と「領域横断概念」といった STEM 教育と関連深い資質・能力の習得と結びつけられていた。次に、K 段階（幼稚園）の科学教科書における STEM 活動の内容構成は、物理、化学、生物、地学というような学習内容の理解にとどまらず、日常的な課題解決を事例と学問的内容に関連付け、工学の視点から「ものづくりを」中心とした学習活動の展開となっていた。

キーワード：幼児教育，米国，STEM 活動，科学教科書，内容構成

1. はじめに

近年、幼児教育は大きな変革を迎えている。2017 年（平成 29 年）に学校教育法施行規則が改正されるとともに、幼稚園教育要領、小学校学習指導要領が改訂された。文部科学省（2017）は、これからの教育政策の方向性として、学習指導要領改訂における教育内容の主な改善事項として「理数教育の充実」を掲げ、具体的には、「次代を担う科学技術系人材の育成や国民一人一人の科学に関する基礎的素養の向上を図るため、理数好きな子供の裾野の拡大や子供の才能を見だし伸ばしていくことが重要」として、「育成を目指す資質・能力を明確化し、日常生活等から問題を見いだす活動や見通しを持った観察・実験などの充実により更に学習の質を向上させる」ことを志向している。その結果、小学校では、算数・数学、理科の授業時数や内容が充実され、観察・実験などの充実を図っている。この潮流を反映させたためか、幼稚園教育要領（2018）は、文部科学省中央教育審議会答申（2017）を踏まえ、以下の3点の基本方針に基づいて改訂が行われている。それらは、第一に、「幼稚園教育において育みたい資質・能力の明確化」、次に、「小学校教育との円滑な接続」、そして、「現代的な諸問題を踏まえた教育内容の見直し」である。これらは、幼児教育と小学校理科教育との接続の問題からも重要な視点である。

幼児教育段階の科学教育は、科学に関する基礎的素養を向上させ、子どもが科学的な見方や考え方を習得するための芽生えを培う上で基礎となるものである。日本の幼稚園教育では、幼児の発達の側面から5つの領域が設定されている。そのうち、身近な環境との関わりについて領域として領域「環境」があり、その目標として、周囲の様々な環境に好奇心や探究心を持って関わりそれらを生活に取り入れていこうとする力を養うとしている。ここでいう「環境」は子どもを取り巻くあらゆる人的・物的環境である。こうした幼児教育の「環境」領域においても、これまでの自然体験活動に加えて、幼児の好奇心や探究心を育成するための科学的体験活動の充実が求められてきた。例えば、領域「環境」の内容の取扱いにて、「幼児が、遊びの中で周囲の環境と関わり、次第に周囲の世界に好奇心を抱き、その意味や操作の仕方に関心をもち、物事の法則性に気付き、自分なりに考えることができるようになる過程を大切に

にすること」を規定している。加えて、「幼児は好奇心を抱いたものに対してより深い興味を抱き、探究していくこと」、「幼児期において、物事の法則性に気付くということは、科学的に正しい法則を発見することを求めることではない。その幼児なりに規則性を見いだそうとする態度を育てることが大切である」ことが強調されている。こうした内容の規定は、幼児教育における科学的な見方や考え方を習得することにつながると思われる。ところで、科学的な見方や考え方を培うためには、幼児が自然と出会い、自然と触れ合う自然体験から導き出されるのではないだろうか。それよりはむしろ、幼稚園教育要領にある「物事の法則性」に気付くような物体の落下運動という、自然体験というよりも人間のコントロール下の現象である科学的体験を通じて、自然現象の理解というよりも、自然界における法則の存在の有無に関する理解、自然のモデル化・数式化の理解による科学的な見方や考え方の習得・育成が図られるのではないだろうか。

ところで、現在の米国では、科学、技術、工学、数学 (Science, Technology, Engineering, Mathematics, 以後、STEM 略記) といった複数の学問領域を統合した教育が推進されている。内ノ倉 (2016) によると、ツプロス (2009) の STEM 教育の定義「STEM 教育とは、児童・生徒が学校、地域、仕事、グローバルな活動での関連を図る文脈の中で、科学、技術、工学、数学を利用するように、強固な学問的な概念と現実世界の授業が結びついた学際的なアプローチである」を紹介しつつ、初等中等教育段階において、STEM 教育とは、個別の教科 (学問) 領域の教育の集合というよりはむしろ各領域を統合的に扱うという教授アプローチととらえられる傾向があることを指摘している。米国におけるこうした STEM 教育の推進の背景には、米国では国際社会で経済的なイニシアチブを取る基盤条件として、イノベーション創出重視の科学技術政策が推進されていることがあるといわれている。そのほか、坂田ら (2018) によれば、米国では、1990 年代以降、幼児教育段階から一貫した科学教育が行われてきたが、現在、その教育システムのなかで、これまでの科学教育から、より広い学問領域を包括する STEM 教育へと移行してきているという。

以上、日本の幼児教育は、幼稚園教育要領の改訂により、科学的な見方・考え方が強調され、幼児の科学的体験活動について言及されている。その一方で、米国を中心に世界の科学教育に関する潮流の一つとして、STEM 教育が推進されている。よって、これからの日本の幼児教育における科学的体験活動の在り方に関する基本的知見を得るため、幼児の STEM 教育の視点を踏まえた科学的体験活動 (以下、STEM 活動と略記) についての実態はいかなるものか、幼児教育ではどのような体験活動を行うことが望ましいのだろうか。もし、そのような体験活動を実施する場合、どのような点に気をつければよいのだろうかを検討する必要がある。しかし、それらのことについての調査及び研究は、これまであまり十分に行われてこなかった。

これまで幼児教育の科学学習に関する研究としては、隅田 (2013) の研究動向に関する以下の指摘がある。隅田は、幼児だからといって具体的な思考しかできず概念的思考ができないという前提は今日的な研究成果から否定され、幼児期において科学的探究が行えない時期であるという従来の発達段階説に基づいたカリキュラムは世界中で見直しを迫られていることを指摘している。その上で、幼児期であっても適切な教材や学習プログラムの導入によって、幼児の知的な探究心や好奇心を引き出し、科学的な探究へと伸長することは可能であるという。また、これまでの幼児期の科学学習に関する研究を概観すると、「日本では、小学校 3 年生から始まる理科学習と、それ以前の幼児教育にはある種の断絶が見られ、その接続は十分に漸進的なものとは言えない。そして幼年期に科学用語や概念を扱うことに対する暗黙の強い抵抗があるように思われる」と述べた上で、次の 4 つの点を挙げている。まず第一に、幼年期では実体験することが目指される一方、体験によって子どもたちがどのような概念を獲得したのか明確化されない。次に、幼年期では、体験における情緒性は重視されるが科学的に探究することは重視されない。そして、幼年期では主に生物領域の体験が重視され、他の科学領域が取り上げられることは少ない。最後に、そもそも幼年期では科学的体験が目的的に取り上げられること自体が少ないというものである。そこで本研究は、上記の指摘を踏まえて行うこととした。

2. 本研究の目的と方法

本研究は、米国の幼児教育における STEM 活動の特質を明らかにすることを目的とする。なかでも、K 段階の科学カリキュラムや科学教科書を研究対象とした。この目的を達成するため、具体的には、米国の科学カリキュラムとして「次世代科学教育スタンダード」(Next Generation Science Standards ; 以後、NGSS と略記)、さらに、科学教科書として、Horizon Research, Inc. (2012) により、全米レベルにおける教科書採択率の比較的高いといわれている出版社の中で入手可能なものであった PEARSON 社が発行している *Interactive SCIENCE* を分析対象として選択した。米国の NGSS や科学教科書における STEM 活動の特質を解明することは、今後、日本の幼児教育段階から小学校へとつながる理科カリキュラムやそのカリキュラムに導入すべき科学的体験を検討する上で、基本的知見となりうると思われる。

3. 幼児期における科学に関する資質・能力の育成

幼児の科学的体験活動については、これまでの幼児教育においていくつかの指摘が存在する。例えば、神長 (2008) によると、幼児教育において子どもの好奇心や探究心を大切にすることが重要であると述べている。例えば、「幼児は好奇心旺盛な存在であり、あるものに興味をもつと過ぎに触れたり、試したり、確かめたりして、対象に関わっていくという。そして、好奇心や探究心をもって対象と関わり、関わりを深めることと通して、次第に物の特性や物事の法則性に気付いていきます。こうした周囲の環境と関わる体験こそが、まさに幼児にとっての科学的体験の一つであり、思考力の芽生えを培うことにつながっていく」と指摘している。ゆえに、幼児期においては、環境を探索する中で、自分なりに確かめたりして考えられるようになることが重要であるという。したがって、幼児期では、事物・現象の性質や法則性について、知識として理解することよりも、「なぜだろう」「こうしたら、いったいどうなるのだろう」などの感情を尊重し、幼児が不思議に思いながら対象と関わり、探究していく態度を育てることが大切であるという。こうした指摘は、現行の幼稚園教育要領の方向性に沿ったものである。よって、幼児が周囲の環境と関わる中で、未知なるものを自分の生活の世界に取り入れていこうとする好奇心や探究心こそが、幼児期に育てていくべきものの一つであろう。そして、幼児の好奇心や探究心を育成する体験活動が、まさに、幼児の科学的体験といえるのではないだろうか。

幼児の科学的体験活動を促進していくためのアプローチとして、主に次の2つの特徴的なアプローチが存在するとしている。例えば、ハーレンら (2007) によると、それらのアプローチは、まず、子ども自身によって導かれる偶発的アプローチである。このアプローチは、ごく少人数の幼児クラスで行うときに、もしくは、才能ある子どもの個々の興味を育成するとき、教室内に探究する雰囲気を作り出すときなどに適しているという。このアプローチを用いると、科学的体験活動が子どもの記憶に残りやすく、子どもたちも満足感得られることが報告されている。しかし、40 人規模の大人数クラスには適切ではない。大人数クラスの場合、一人一人に対する支援が十分に実施にできないからである。また、子どもの偶然の活動から始まった探究活動が、適切な科学概念につながるとも限らない。もう一つのアプローチは、教師が幼児を科学的体験活動に導くアプローチである。このアプローチは、子どもたちの日常生活の事物・現象や興味・関心を中心に置いている。そのほか、子どもの生活と子どもが獲得すべき科学概念と技能と思考習慣が、互いに関連付けられながら行うアプローチである。ハーレンらによれば、このアプローチは、米国の多くの州の科学教育スタンダードを、幼児たちが満たすようにしたいという、教師の要求に応じるものであるという。

4. 米国における幼児期の科学教育カリキュラム

現在、米国の初等・中等教育の科学カリキュラムについては、全国的な教育課程基準モデル・スタンダードである NGSS を、各州の教育課程基準として採用している。文部科学省 (2020) によると、こうした NGSS は、2019 年段階において、20 州がモデル・スタンダードを導入することになっているという。NGSS は、これまでの 1996 年に作成された『全米科学教育スタンダード』と比べ、世界の教育動向を反映させたためか、科学実験等の実践を通じた指導が求められているという。そもそも、NGSS は、カ

リフォルニア州やニューヨーク州など 26 州が中心となって自然科学分野の研究団体や理科担当教師の全国団体等の支援のもとで開発されたもので、2013 年 4 月に完成、公表されたものである。「物理科学」、「生命科学」、「宇宙地球科学」、「工学・技術・応用科学」の 4 分野から構成され、K 段階(幼稚園)から第 5 学年は各学年、第 6 学年以降はミドルスクール(第 6 学年から第 8 学年)とハイスクール(第 9 学年から第 12 学年)の各区分で習得すべき学習内容を「期待されるパフォーマンス」として示されている。その他、NGSS は、主に 3 つの次元によって構成されている点がこれまでの全米科学教育スタンダードと異なる。NGSS は、第 1 に、具体的な教科の学習内容である「学問領域で核となる考え方(Disciplinary Core Ideas ; DCIs)」, 第 2 に、すべての科学領域を通して応用できる概念であり、児童・生徒が自然界を理解し、それぞれの領域や学年を超えて適用可能な概念である「領域横断概念(Crosscutting Concepts ; CCs)」, そして、「科学的・工学的実践(Science and Engineering Practice ; SEPs)」である。「学問領域で核となる考え方」は、これまでの全米科学教育スタンダードに比べ、科学だけでなく工学的な内容を含んでいる。具体的には、K 段階(幼稚園)から第 12 学年の間で計 120 個のコア・アイディアを同定している。NGSS にて設定している 8 つの科学的・工学的実践は、以下の表 1 のとおりである。

表 1. NGSS における 8 つの科学的・工学的実践

- | |
|---|
| ①発問する(科学)・問題を定義する(工学)
②モデルを生成・活用する
③探究活動を計画して実行する
④データを分析して解釈する
⑤数学を用いて、数学的に考える。
⑥説明を構築する(科学)、解をデザインする(工学)
⑦証拠に基づきアーギュメントを行う
⑧情報を入手して、評価し、コミュニケーションする。 |
|---|

上述された科学的・工学的実践は、これまでの理科教育で習得することが強調されてきた科学的探究スキルに類似していることが分かる。また、領域横断概念は、以下の表 3 のとおりである。

表 2. NGSS における領域横断概念

- | |
|---|
| ①パターン
②因果関係
③縮尺、比、量
④システム
⑤エネルギーと物質
⑥構造と機能
⑦変化と同定 |
|---|

領域横断概念は、これまでの『全米科学教育スタンダード』の内容領域の一つである「統合概念とプロセス」に相当する内容であり、物理科学や生命科学、さらには宇宙地球科学を理解するために必要な見方や考え方であるといえる。米国の科学カリキュラム分析の研究、なかでも本研究のような幼児教育段階の科学カリキュラムや科学教科書の内容分析に関する研究がいくつかある。例えば、石崎(2018)などである。石崎(2018)は米国の K 段階における科学教育の目標分析及び日本の幼稚園教育要領や学習指導要領との比較を行っている。NGSS のうち、幼稚園(K 段階)で扱われる科学の教育内容は、村津(2018)が指摘しているように、物理科学領域の「運動と安定：力と相互作用」と「エネルギー」、生命科学領域の「分子から有機体へ：構造とプロセス」、地球・宇宙科学領域の「地球のシステム」と「地球と人間の活動」の合計 5 つであった。例えば、鈴木(2020)によると、「生命科学」の領域の内容である「分子から有機体へ：構造とプロセス」の概要は、次の表 3 のとおりであったことが報告されている。

そこでは、「期待されるパフォーマンス」、「科学的・工学的実践」、「学問領域における中核的な考え方」、「領域横断概念」という点で構成されており、単純に科学カリキュラムにおいて習得すべき学習内容を示すだけでなく、一つの学習内容に対して日本の学習指導要領で規定されているような資質・能力に相当する「科学的・工学的実践」、「領域横断概念」の一部と関連付けていた。日本の理科教育との比較という点では、領域「環境」の内容の一部である「(5)身近な動植物に親しみを持って接し、生命の尊さに気付き、いたわったり、大切にしたりする」と関連があるものの、米国のこうした学習内容が動植物の生命維持に関するパターンを見いだすことに主眼が置かれていることから、日本の幼稚園教育要領の内容構成とは大きく異なる。

表3. 学習内容「分子から有機体へ：構造とプロセス」の概要

期待されるパフォーマンス：植物や動物が生き残るために必要なパターンを見いだすための観察を行う。	
科学的・工学的実践	データの分析・解釈：K段階から第2学年におけるデータの分析は、経験や発達に基づいて行われる。 科学的な問いに回答するために自然界のパターンを示すための観察を行う。 *科学の性質の内容との関連 科学的知識は実証的な証拠に基づいている。 科学者は、世界についての観察を通じてパターンや規則を発見する。
学問領域における中核的な考え方	有機体における物質とエネルギーの組織：どんな動物であっても生きて、成長するためには養分が必要である。動物は植物もしくは他の動物を食料として得る。植物が生きて成長するためには水と光が必要である。
領域横断概念	パターン：自然界や人間がデザインした世界におけるパターンは証拠として観察したり、使用したりすることができる。

5. 米国の科学教科書における STEM 活動の内容構成と展開

本研究で分析対象としたK段階（幼稚園）の科学教科書の内容構成は、以下の表4とおりである。第1章から第3章までは、科学に関する主要な学問領域である、NGSSでも規定されているとおり、物理学領域の「運動と安定：力と相互作用」と「エネルギー」として「運動」、生命科学領域の「分子から有機体へ：構造とプロセス」として「生物」、地球・宇宙科学領域の「地球のシステム」と「地球と人間の活動」として「地球と空」というような内容構成となっていた。その後は、「科学、工学、技術、スキルハンドブック」となっており、それは「Nature of Science：科学の性質（以後、NOS（科学の性質）と略記）」と「問題解決」の2部構成である。「NOS（科学の性質）」とは、鈴木（2017）によれば、「科学とは何か」の言説であり、日本を除く数多くの国の理科カリキュラムに導入されている教育内容の一つであると説明している。例えば、「科学的知識は実証的である」といった内容である。それらを研究しているのは科学哲学であり科学論である。科学論の成果であるNOSは国や論者によって多様であるが、これまでの理科教育研究で論じられてきたNOS（科学の性質）には一定の共通性があるといわれている。本研究で取り上げるようなSTEM教育に関する学習内容は、まさに「科学、工学、技術、スキルハンドブック」の第1部「NOS（科学の性質）」及び第2部「問題解決」の中に導入されていた。

表4. *Interactive SCIENCE*(2016年版)の内容構成

第1章 運動
第2章 生物
第3章 地球と空
科学、工学、技術、スキルハンドブック
第1部 NOS（科学の性質）
第2部 問題解決

この科学教科書は、NGSSに準拠したものである。そのため、表3で示した学習内容「分子から有機体へ：構造とプロセス」を「第2章生物」にて説明している。具体的な「第2章生物」の内容構成は次の表5とおりである。

表5. 科学教科書の「第2章 生物」の内容構成

第2章 生き物 (pp. 20-40)
(主題：植物や動物には何が必要ですか?)
やってみよう (Try it)：植物は水が必要ですか? (p. 21)
科学を読み取る (Let's Read Science) :比較と対比 (p. 22)
STEM 活動 (STEM Activity)：猫の引っかき! (pp. 23-32)
<学習内容> (pp. 33-38)
レッスン1：無生物とは何ですか?
レッスン2：生物とは何ですか?
レッスン3：植物には何が必要ですか?
レッスン4：動物には何が必要ですか?
レッスン5：あなたには何が必要ですか?
レッスン6：生物は住む場所にどのように影響しますか?
調査 (Investigate It!)：冬にカメが暖かく過ごすにはどうすればよいですか? (p. 39)
伝記：ジョン・グリュナー (p. 40)

科学教科書は、「第2章生物」(計20頁)では、主題として「植物や動物には何が必要ですか?」が設定され、具体的な学習内容・活動項目として、「やってみよう (Try it)」、「科学を読み取る (Let's Read Science)」、「STEM 活動 (STEM Activity)」、「学習内容レッスン1～6」、「調査 (Investigate It!)」、「伝記」によって構成されていた。こうした構成は、他の章の構成とはほぼ一致したものである。また、科学教科書の各章は、約20頁程度の分量であった。各章や各部の中に一つずつ、「STEM 活動 (STEM Activity)」を導入していた。なお、科学教科書「第2章生物」において「STEM 活動 (STEM Activity)」が占める割合は、約半分程度であった。

表6. 科学教科書 *Interactive SCIENCE* (K段階) の内容構成と STEM 活動

	章・部の名称	各章・部における STEM 活動の名称
第1章	運動	動き回る物体－ボールの運動－ (Move Around It!)
第2章	生物	猫の引っかき!－爪とぎ棒－ (Scratch Away!)
第3章	地球と空	クールダウン－日除け－ (Cool Down!)
科学, 工学, 技術, スキルハンドブック		
第1部	NOS (科学の性質)	風はどこから吹いてきているか! (Where the Wind Blow!)
第2部	問題解決	どのようなクレヨンの箱を作ればよいだろうか。 (How Can You Make a Crayon Box?)

上記の表6のとおり、各章や各部の中に一つずつ、STEM 活動を導入していた。物理科学領域の「運動」では、向かい合う二人がボールを受け渡すためには、どのようなボール運動を実施すればよいかを考えるといった活動を、生命科学領域の「生物」では、猫の生物学的特性から適切な爪とぎ棒を製作する活動を、地球・宇宙科学領域の「地球と空」では、太陽の光を妨げる日除けを製作し、体温のクールダウンを目指すような活動を設定していた。これらの活動は、その領域ごとの内容に関するものであった。そして、科学、工学、技術、スキルハンドブックの「NOS (科学の性質)」では、隙間風の原因と対策を考える活動を、「問題解決」では、クレヨンの構造から、それらを保管するためのクレヨンの箱を製作する活動を設定した。こうした活動は、物理、化学、生物、地学というような教科内容と直接関わる

ような内容というようにものではなく、NGSS で示された「科学的・工学的実践」や「領域横断概念」といった内容と関連付けられているようであった。例えば、「NOS (科学の性質)」及び「問題解決」の STEM 活動の学習順序は以下の表 7 のとおりである。

表 7. 科学教科書の *Interactive SCIENCE* における STEM 活動の学習順序

単元名：NOS (科学の性質)	単元名：問題解決
活動名：風はどこから吹いてきているか	活動名：どのようなクレヨンの箱を作ればよいだろうか。
<p><問題の発見></p> <p>①風はどこから吹いているか。部屋には冷たい隙間風が吹いている。 部屋に窓とドアがどこにありますか。</p> <p>②隙間風を見ることができません。隙間風がどこから吹いてきているかどのように見つけますか。</p>	<p><問題の発見></p> <p>①あなたの机の上はどのような状態ですか？</p> <p>②問題の状態はどちらですか？○をつけなさい。</p>
<p><計画と描画></p> <p>③風はどのように吹きますか。</p> <p>④隙間風を見つめることができるための道具を描きなさい。</p>	<p><計画と描画></p> <p>③クレヨンはいくつありますか？ 私は、()本のクレヨンを持っています。</p> <p>④クレヨンの大きさはどのくらいですか？</p> <p>⑤あなたのクレヨンの箱はどのようなものでしたか？</p>
<p><教材の選択></p> <p>⑤風が動かすことができるものを描きなさい。</p> <p>⑥風が動かすことができないものを描きなさい。</p> <p>⑦隙間風を見つめるために用いる物を描きなさい。</p> <p>⑧使用することがない材料に×をつけなさい。</p>	<p><教材の選択></p> <p>⑥材料の選択 (材料リストの作成)</p> <p>⑦あなたが選択しなかった材料を一つ取り上げ、その理由を述べよ。</p>
<p><製作と検証></p> <p>⑨材料をどのように使用する予定か描きなさい。</p> <p>⑩道具を組み立てなさい。</p> <p>⑪ドアや窓の端のそばに道具を置きなさい。 あなたの道具は動きますか。</p>	<p><製作と検証></p> <p>⑧どのようにあなたの材料を使用しますか。</p> <p>⑨クレヨンの箱を作成しなさい。</p> <p>⑩すべてのクレヨンがクレヨンの箱に収まりますか？</p> <p>⑪あなたのクレヨンの箱はすべてのクレヨンと一緒に保管することができますか？</p>
<p><記録と共有></p> <p>⑫自身の道具について話してください。 隙間風を見つめることができましたか。</p> <p>⑬パートナーの道具を見てみてください。 比較してしましよう。あなたとパートナーの道具の違いを描きなさい。</p> <p>⑭もう一度あなたの道具を計画しなさい。 それがどのようにこれまでのものと違うか描きなさい。</p>	<p><記録と共有></p> <p>⑫自身が製作したクレヨンの箱について話してください。うまく作ることができましたか。</p> <p>⑬自身以外が製作したクレヨンの箱を見てください。それがどのように違うかを描きなさい。</p> <p>⑭もう一度あなたのクレヨンの箱を考案しなさい。 それがどのようにこれまでのものと違うか描きなさい。</p>

これらの学習内容や活動は、①から⑭までの活動を「問題の発見」、「計画と描画」、「教材の選択」、「製作と検証」、「記録と共有」といった5つの局面に分かれていた。それら5つの局面を通じて、子どもたちが科学的な探究の過程を体験・学習するようになっている。そして、それらの STEM 活動は、NGSS で示された「科学的・工学的実践」や「領域横断概念」と深く関連していた。例えば、単元「NOS (科学の性質)」に導入された STEM 活動の「風はどこから吹いてきているか」では、「部屋に吹き込む隙間風はどこから吹いているか」という日常的な質問から始まり、「科学的・工学的実践」の「①発問する (科

学)・問題を定義する(工学)」などや、「領域横断概念」の「②因果関係」と関連付けながら、隙間風の特定方法、隙間風を発見するための道具の製作なども設定されていた。こうした科学教科書の科学、工学、技術、スキルハンドブック領域のSTEM活動であるためか、科学の物理、化学、生物、地学というような学問的内容を理解するだけではなく、それぞれの科学の学問的知識に基づき、課題や問題の解決に着目した学習課題を設定している点が特徴的である。「NOS(科学の性質)」及び「問題解決」のSTEM活動において留意すべき点には、科学教科書の教師用指導書にて以下の表8のとおり示されていた。

表8. 科学教科書の *Interactive SCIENCE* におけるSTEM活動の留意点など

STEM活動名	テーマ：風はどこから吹いてきているか	テーマ：どうすればクレヨンの箱を作ることができますか
所要時間	40分	40分
実施形態	クラス全体	クラス全体
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ニーズを反映する問題を同定する。 ・デザインの制約を認識する。 ・問題に対する解放を提案・検証する。 ・評価に基づきデザインを修正する。 ・技術的な課題に対する適切な道具と材料を選択する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・デザインの制約を認識する。 ・問題に対する解放を提案・検証する。 ・製品やデザインによる解決策の有効性を評価する。 ・技術的な課題に対する適切な道具と材料を選択する。 ・評価に基づきデザインを修正する。
教材	布、テープ、接着剤、リボン、ビー玉	接着剤、テープ、ボール紙、画用紙、安全ハサミ、鉛筆、定規、布、糸、綿、など
事前準備	<ul style="list-style-type: none"> ・活動を実行する前に、ドアまたは窓の隙間風を確認する。 ・作業可能なスペースで隙間風が見つからない場合は、ドアの片側にファンを設置して、テスト目的で空気の流れを強制することができる。 	記述なし
指導助言	<ul style="list-style-type: none"> ・子どもたちを5つの小さなグループに分けます。 ・すべての材料を提供し、幼児が最も効果的だと思うものを選択するように促す。 	記述なし
安全上の注意	<ul style="list-style-type: none"> ・隙間風検出器を使用するときは、その装置から何か吹き出て顔にあたる可能性があるため、幼児は保護メガネを着用する必要がある。 	記述なし
活動前の議論	<ul style="list-style-type: none"> ・提供された背景情報を共有する。次に、以下の質問を用いて幼児の学習活動の準備を支援する。 ・この学習活動では、隙間風検出器の試作機を設計、製作、テストして、どの材料がより耐久性があるかを判断するのに役立つことを子どもたちに伝える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・最初のクレヨンがいつ作られたかなど、クレヨンについての背景を共有する。 ・クレヨンというものの存在がクレヨンの箱に関する考えにどのように刺激したのか幼児と議論する。 ・クレヨンやその他の円筒形のアイテムが箱に保管されている理由を質問する。 ・こうした議論を用いて、幼児が活動の準備をするのを支援する。
活動後の議論	<ul style="list-style-type: none"> ・エンジニアが計画を何度も変更するのは一般的であることを説明する。以下のような提案を用いて、幼児が学習活動について結論を出すのを支援する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・エンジニアが満足のいく方法で製品を作る前に、試作を何度も変更するのが一般的であることを幼児に説明する。 ・以下の質問を用いて、幼児がクレヨンの箱の製作に関する結論を出すのを支援する。

上記のSTEM活動に対する留意点として、「所要時間」、「実施形態」、「目的」、「教材」、「事前準備」、「指導助言」、「安全上の注意」、「活動前の議論」、「活動後の議論」が設定されていた。上の表8のとおり、すべてのSTEM活動に対してすべての留意点があるわけではないが、比較的詳細に、幼児のSTEM活

動を支援する要件を整備している。それらは、STEM 教育の中でも工学に特徴的な実践として、日常生活と関連付けた課題の選択、ものづくりを通じた解決策の発見、解決策の最適化の繰り返して展開される「工学デザイン」が強調されているということが見て取れる。さらにこうした活動を単元末で繰り返し実施することで、幼児が STEM 教育の視点を獲得できるのであろう。

6. 本研究のまとめと今後の課題

本研究の結果から、米国の科学カリキュラムである「次世代科学スタンダード」及び K 段階（幼稚園）の科学教科書における STEM 活動の特質として以下の 2 点を挙げることができる。

まず、米国において K 段階（幼稚園）から第 12 学年までの全国的な科学カリキュラムであり、多くの州で導入されている「次世代科学スタンダード」が、K 段階（幼稚園）では、STEM 活動を含む科学学習が、K 段階（幼稚園）から第 12 学年まで系統化されていた。こうした科学カリキュラムの系統性の確保は、幼稚園教育要領改訂のポイントの一つである「小学校教育との円滑な接続」と重なるものである。また、それぞれの学習内容は、学問的内容の理解にとどまらず、「科学的・工学的実践」と「領域横断概念」といった資質・能力の習得と関連付けられていた。こうした学習内容と資質・能力の関連は、日本における「幼稚園教育において育みたい資質・能力の明確化」に寄与できると思われる。

次に、幼児教育段階の科学教科書における STEM 活動の内容構成は、学習内容の理解にとどまらず、日常的な課題解決を事例として導入されていた。こうした内容構成の理由としては、近年の STEM 教育の影響があると指摘されている。例えば、内ノ倉（2019）によると、「科学教科書では、科学的な知識や技能の直接的な学習に加えて、工学的な内容を追加し、間接的・統合的な学習が意図されていた」などと指摘している。調査・分析した科学教科書では、ものづくりを中心とした活動の展開されていた。

今後、本研究で得られた知見に加えて、日本の幼児教育及び理科教育事情に鑑みながら、日本の幼児教育における効果的な STEM 活動を含む科学的体験活動を具体的に検討する必要がある。それらについては今後の課題としたい。

付記

本稿は、拙稿（2019）「米国の幼児教育における Nature of Science の内容構成」及び拙稿（2020）

「米国の幼児教育段階の科学教科書における自然観察の特質—生命科学領域に着目して—」の研究結果をもとに、STEM 活動の視点から再構成し、大幅な加筆・修正を加えたものである。なお、本研究は、JSPS 科研費「（課題番号：JSPS19H01730）の助成を受けたものである。

引用・参考文献

- Buckley, D. , Miller, Z. , Padilla, M. J. , Thornton, K, Wyssession, M. E. (2016) *Interactive Science (Grade K)*, Pearson Education.
- Buckley, D. , Miller, Z. , Padilla, M. J. , Thornton, K, Wyssession, M. E. (2016) *Interactive Science (Grade K) Teacher's Edition and Resource*, Pearson Education.
- Horizon Research, Inc. (2012) 2012 National Survey of Science and Mathematics Education. <http://www.horizon-research.com/>
- 石崎友規（2018）「幼稚園教育における領域「環境」を中心とした科学的探究能力の育成」、『教職実践研究：常磐大学教職センター紀要』, (2), 105-119.
- J. D. ハーレン, M. S. リプキン著, 深田昭三, 隅田学訳（2007）：『8 歳までに経験しておきたい科学』, 北大路書房, 39-40.
- 神長美津子（2008）「友達と共に遊ぶ中で、好奇心や探究心を育て、思考力の芽生えを培うこと」, 無藤隆編『ここが変わった新幼稚園教育要領—改訂のポイントと解説』, チャイルド本社, 26.
- 文部科学省中央教育審議会（2017）「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」, 文部科学省。

https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm

- ・文部科学省（2018）：『幼稚園教育要領平成 29 年 3 月—平成 29 年告示』，東山書房。
- ・文部科学省（2018）：『幼稚園教育要領解説〈平成 30 年 3 月〉』，フレーベル館。
- ・文部科学省（2020）『諸外国の教育動向 2019 年度版』，明石書店，24 頁。
- ・村津 啓太（2018）「アメリカ次世代科学スタンダードにおける幼稚園の教育内容」，『日本科学教育学会研究会研究報告』，29(1), 93-96。
- ・NGSS Lead States (2013) *Next Generation Science Standards*, The National Academies Press.
- ・坂田尚子，熊野善介（2017）「アメリカ合衆国における低学年での STEM 教育の現状と日本での実践可能性についての検討」，『日本科学教育学会年会論文集』，41 91-92。
- ・隅田学（2013）「幼年期から子どもの個性を伸ばし可能性を拓ける科学カリキュラム」，『理科の教育』Vo. 62, No. 727, pp. 34-35。
- ・鈴木宏昭（2017）「理科教育における科学の性質（Nature of Science）」，大高泉編著『理科教育基礎論研究』，協同出版，81-94。
- ・鈴木宏昭（2019）「米国の幼児教育における Nature of Science の内容構成」，『日本科学教育学会研究会研究報告』，34(1), 27-30。
- ・鈴木宏昭（2020）「米国の幼児教育段階の科学教科書における自然観察の特質—生命科学領域に着目して—」，『日本科学教育学会年会論文集』，44，647—648。
- ・内ノ倉真吾（2016）「アメリカにおける STEM 教育の推進方策—スタンダード・プログラムの開発と学習環境の向上に着目して—」，『理科の教育』，Vol. 65, No. 765, 221—224。
- ・内ノ倉真吾（2019）「アメリカの初等・前期中等科学カリキュラムにおけるエンジニアリングデザイン—科学スタンダード・教科書の学習内容に着目して—」，『日本科学教育学会年会論文集』，43，87—88。